

УСТРОЙСТВА ПРИЕМА И ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ

Учебная программа дисциплины

Учебное пособие

Лабораторный практикум

Автоматизированный лабораторный практикум
с применением Internet-технологий

Методические указания по лабораторным работам

Методические указания к лабораторным работам № 1–8

➤ Методические указания по курсовому проектированию

Методические указания по самостоятельной работе

Банк тестовых заданий в системе UniTest



УДК 621.396.96
ББК 32.811.3
П44

Электронный учебно-методический комплекс по дисциплине «Устройства приема и обработки сигналов» подготовлен в рамках инновационной образовательной программы «Структурная перестройка научно-образовательного центра "Радиоэлектроника"», реализованной в ФГОУ ВПО СФУ в 2007 г.

Рецензенты:

Красноярский краевой фонд науки;

Экспертная комиссия СФУ по подготовке учебно-методических комплексов дисциплин

П44 Устройства приема и обработки сигналов. Версия 1.0 [Электронный ресурс] : метод. указания по курсовому проектированию / сост. : С. А. Подлесный, Ф. В. Зандер, О. А. Тронин. – 2-е изд., перераб. и доп. – Электрон. дан. (1 Мб). – Красноярск : ИПК СФУ, 2008. – (Устройства приема и обработки сигналов : УМКД № 45-2007 / рук. творч. коллектива Ф. В. Зандер). – 1 электрон. опт. диск (DVD). – Систем. требования : *Intel Pentium* (или аналогичный процессор других производителей) 1 ГГц ; 512 Мб оперативной памяти ; 1 Мб свободного дискового пространства ; привод *DVD* ; операционная система *Microsoft Windows 2000 SP 4 / XP SP 2 / Vista* (32 бит) ; *Adobe Reader 7.0* (или аналогичный продукт для чтения файлов формата *pdf*).

ISBN 978-5-7638-1052-3 (комплекса)

Номер гос. регистрации в ФГУП НТЦ «Информрегистр» 0320802416 от 27.11.2008 г. (комплекса)

Настоящее издание является частью электронного учебно-методического комплекса по дисциплине «Устройства приема и обработки сигналов», включающего учебную программу, учебное пособие, автоматизированный лабораторный практикум с применением Internet-технологий, лабораторный практикум, методические указания к лабораторным работам «Устройства приема и обработки сигналов. Аппаратно-программный комплекс с удаленным доступом «Частотный детектор»», методические указания к лабораторным работам № 1–8, методические указания к самостоятельной работе, контрольно-измерительные материалы «Устройства приема и обработки сигналов. Банк тестовых заданий», наглядное пособие «Устройства приема и обработки сигналов. Презентационные материалы».

Приведены программа и рекомендации по выполнению курсового проекта по дисциплине «Устройства приема и обработки сигналов».

Предназначены для студентов направления подготовки магистров 210200.68 «Радиотехника» укрупненной группы 210000 «Электронная техника, радиотехника и связь».

© Сибирский федеральный университет, 2008

Рекомендовано к изданию
Инновационно-методическим управлением СФУ

Редактор И. Н. Байкина

Разработка и оформление электронного образовательного ресурса: Центр технологий электронного обучения информационно-аналитического департамента СФУ; лаборатория по разработке мультимедийных электронных образовательных ресурсов при КрЦНИТ

Содержимое ресурса охраняется законом об авторском праве. Несанкционированное копирование и использование данного продукта запрещается. Встречающиеся названия программного обеспечения, изделий, устройств или систем могут являться зарегистрированными товарными знаками тех или иных фирм.

Подп. к использованию 17.09.2008

Объем 1 Мб

Красноярск: СФУ, 660041, Красноярск, пр. Свободный, 79

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	4
КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ	5
1. Задание на курсовое проектирование	5
Технические требования для УПиОС аналоговых сигналов	5
Технические требования для УПиОС дискретных сигналов	7
Технические требования для УПиОС АТ, ЧТ и ОФТ	7
Технические требования к УПиОС ВИМ.....	7
Технические требования для УПиОС стандарта связи GSM	8
Технические требования для УПиОС навигационных спутников систем ГЛОНАСС и GPS	9
2. Требования к содержанию и оформлению курсового проекта (на примере приемного устройства АМ-сигналов).....	9
3. Список литературы, используемой при курсовом проектировании	11
Общие вопросы проектирования.....	11
Элементная база	13
4. Рекомендации по использованию прикладного программного обеспечения при разработке устройств приема и обработки сигналов	14
5. Указания по использованию возможности сети INTERNET при проектировании устройств приема и обработки сигналов.....	15
ПРИЛОЖЕНИЯ	16
1. Техническое задание по курсовому проектированию.....	16
2. Пример разработанного технического задания курсового проекта для УПиОС амплитудной телеграфии по варианту № 33	16
3. Методические рекомендации по оформлению курсового проекта	18
Пример содержания пояснительной записки курсовому проекту (УПиОС с АТ)	20
4. Принятые обозначения и сокращения	23

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Устройства приема и обработки сигналов» (УПиОС) является профилирующей в образовании радиоинженера и входит в федеральный компонент Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования. Цель изучения дисциплины – усвоение основ физических процессов, теории и принципов построения и функционирования устройств приема и обработки сигналов, используемых в различных радиотехнических системах.

В результате изучения дисциплины студенты должны:

- знать основные методы приема и обработки сигналов; теорию и методы оптимального приема сообщений; методы обеспечения основных характеристик УПиОС; физические принципы, используемые при построении усилительно-преобразовательных трактов УПиОС; методы экспериментального исследования радиоприемников и их функциональных узлов;

- уметь проектировать УПиОС по заданным показателям качества с использованием современной элементной базы; моделировать с помощью современных программных продуктов функциональные узлы и УПиОС в целом; составлять электрические структурные, функциональные и принципиальные схемы УПиОС; формулировать и обосновывать технические требования к ним и отдельным узлам; осуществлять экспериментальные исследования УПиОС и их функциональных узлов;

- представлять пути обеспечения заданных характеристик УПиОС – чувствительности, одно- и многосигнальной частотной избирательности, динамического диапазона по основному и соседним каналам; представлять принципы построения приемных трактов с малым уровнем собственных шумов, высокой частотной избирательностью, низким уровнем перекрестных и интермодуляционных помех, а также тенденции, перспективы и проблемы развития техники радиоприема.

В предлагаемых методических указаниях приводятся задания и подробные указания по выполнению главной самостоятельной работы студентов в рамках дисциплины – курсового проекта. Даются рекомендации по выполнению и оформлению курсового проекта. Указана литература, которая может быть использована при выполнении курсового проекта.

Общий объем дисциплины составляет 200 часов (5,55 зачетных единиц), из которых 81 ч (2,25 з. е.) отводится на самостоятельную работу студентов – курсовое проектирование и подготовку к лабораторным и практическим занятиям, а 119 ч (3,3 з. е.) – на работу с преподавателями (51 ч – лекции, 51 ч – лабораторные работы, 17 ч – практические занятия).

КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

1. Задание на курсовое проектирование

Цель курсового проектирования – выбор наиболее эффективных с технико-экономической точки зрения путей реализации технических условий на проектируемое устройство.

Основные задачи курсового проектирования:

- закрепить и углубить теоретические знания по устройствам приема и обработки сигналов;
- привить практические навыки проектирования УПиОС различного назначения;
- развить навыки по применению средств вычислительной техники при решении инженерных радиотехнических задач;
- развить навыки самостоятельной работы с технической литературой;
- закрепить навыки оформления конструкторской документации.

Студент в соответствии с последней цифрой номера зачетной книжки выполняет проектирование следующих УПиОС: аналоговых сигналов (цифры 0–2) и дискретных сигналов (цифры 3–9).

Разработке подлежат: схемы электрическая структурная, функциональная и принципиальная узлов линейного тракта и демодулятора. Гетеродин и тракт после демодулятора допускается разрабатывать только до уровня схемы электрической функциональной. Приводимые ниже технические требования не полностью определяют все исходные данные для расчета. Поэтому в начале проектирования необходимо провести анализ технического задания и определить все недостающие исходные данные (помеховая обстановка на входе, отношение сигнал/шум на выходе линейной части приемника, параметры эквивалента антенны и др.). Пример такого анализа приведен в [прил. 1](#). В [прил. 2](#) приведен пример разработанного технического задания при выполнении курсового проекта.

Радиоприемное устройство должно быть разработано на современной элементной базе с электронной настройкой и с применением цифровой шкалы. Ниже приводятся рекомендации по выбору элементной базы при разработке УПиОС и указания по использованию прикладного программного обеспечения, а также по использованию сети *Internet* при выполнении данного курсового проекта.

Подробные указания по выполнению курсового проекта приведены [\[26\]](#).

Технические требования для УПиОС аналоговых сигналов

Назначение: для систем подвижной радиосвязи для приема телефонных сигналов.

Антенна: несимметричный вертикальный вибратор высотой не более 2,5 м.

Интервал рабочих температур: от минус 30 до плюс 50 °С.

Диапазон модулирующих частот: 250–2500 Гц.

Уровень нелинейных искажений: не более 10 %.

Коэффициент частотных искажений: не более 8 дБ.

Требования, индивидуальные для каждого радиотракта, выбираются согласно [табл. 1](#) и [табл. 2](#).

Таблица 1

Основные требования к радиотракту

Параметр приемника	Последняя цифра номера зачетной книжки		
	0	1	2
Вид модуляции	АМ	ОМ	ЧМ
Диапазон частот, МГц	0,08–0,1	26–32	85–100
Девияция частоты, кГц	–	–	±40
Остаток несущей в сигнале, %	–	0	–
Расстройка, соответствующая соседнему каналу, кГц	10	10	120

Таблица 2

Дополнительные требования к радиотракту

Параметры приемника	Предпоследняя цифра номера зачетной книжки									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Чувствительность, мкВ, не более	1	9	4	2	3	5	8	6	12	2
Избирательность по дополнительным каналам приема, дБ, не менее	60	40	45	50	55	65	60	50	45	55
Динамический диапазон входных сигналов, дБ, не менее	40	70	75	60	65	70	45	50	80	75
Изменение выходного напряжения, раз, не более	2	1,5	2,5	3	2,5	3	2	2	1,5	2,5

Относительная нестабильность несущей частоты принимаемого сигнала δ_c зависит от назначения приемо-передающей системы, мобильности передатчика и выбирается по [табл. 3](#).

Таблица 3

Относительная нестабильность частоты
принимаемого сигнала

Тип передающей станции	δ_c
Подвижная	$(3-10)10^{-6}$
Радиовещательная	$(3-5)10^{-5}$
Стационарная	$(1-6)10^{-6}$

Технические требования для УПиОС дискретных сигналов

Выбор варианта разрабатываемого УПиОС в зависимости от вида модуляции производится по [табл. 4](#).

Таблица 4

Выбор типа УПиОС и основные требования к радиотракту

Параметр приемника	Последняя цифра номера зачетной книжки						
	3	4	5	6	7	8	9
Вид модуляции	АТ	ЧТ	ОФТ	ВИМ	ЧМн (приемник GSM)	ФМн (приемник GPS)	ФМн (приемник ГЛОНАСС)
Диапазон частот, МГц	25–29	30–33	18–21	1000	900	1575,42	1602
Расстройка, соответствующая соседнему каналу, МГц	±0,025	±0,025	±0,025	±5,5	±45	±0,05	±0,05
Индекс модуляции	–	2	–	–	0,3	0	–
Скорость передачи, бод	600	150	500	–	270000	–	–

Технические требования для УПиОС АТ, ЧТ и ОФТ

Назначение: для систем подвижной радиосвязи для приема телеграфных сигналов.

Антенна: несимметричный вертикальный вибратор высотой не более 2,5 м.

Диапазон рабочих температур: от минус 30 до плюс 50 °С.

Индивидуальные требования приведены в [табл. 5](#).

Таблица 5

Требования к радиотракту

Параметры приемника	Предпоследняя цифра номера зачетной книжки									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Вероятность ошибки	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻²	10 ⁻⁴	10 ⁻⁴	10 ⁻³	10 ⁻²
Избирательность по дополнительным каналам приема, дБ, не менее	65	50	60	45	40	55	65	60	50	55
Динамический диапазон входных сигналов, дБ, не менее	50	60	40	75	80	55	45	65	80	70

Технические требования к УПиОС ВИМ

Отношение сигнал/шум на выходе линейной части приемника: 10.

Допустимое изменение амплитуды сигнала на выходе линейной части приемника, дБ: 6.

Длина фидера, м: 4.

Затухание сигнала в фидере, дБ/м: 0,02.
 Выходное напряжение приемника, В: +5.
 Сопротивление нагрузки, Ом: 150.
 Емкость нагрузки, пФ: 10.
 Диапазон рабочих температур от минус 20 до плюс 45 °С.
 Индивидуальные требования приведены в [табл. 6](#).

Таблица 6

Требования к радиотракту

Параметры приемника	Предпоследняя цифра номера зачетной книжки									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Длительность импульсов, мкс	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4
Время установления сигнала на выходе, мкс	0,2	0,22	0,24	0,28	0,3	0,32	0,36	0,4	0,44	0,48
Средний период следования импульсов, мкс	2	2,5	2,8	3,5	3,5	3,8	4,0	5,0	5,5	6
Относительная нестабильность частоты принимаемого сигнала, 10^{-5}	2	3	4	5	6	5	4	3	2	4
Шумовая температура антенны, К	140	150	160	170	170	170	160	140	150	140
Реальная чувствительность, Вт· 10^{-12} , не более	3	2	4	5	4	3	2	4	2	1
Ослабление зеркального и соседнего каналов, дБ, не менее	25	20	25	20	25	25	20	28	26	25
Динамический диапазон входных сигналов, дБ, не более	60	70	80	85	80	70	65	60	65	75

Технические требования для УПиОС стандарта связи GSM

Вид модуляции: гауссовская ЧМн с минимальным частотным сдвигом (*GMSK*).

Рабочая частота: 935–960 МГц (124 канала при ширине канала 200 кГц).

При курсовом проектировании выбрать 1 канал.

Расстройка, соответствующая соседнему каналу: ± 45 МГц.

Индекс модуляции (величина нормированной полосы – В·Т): 0,3

(здесь В = 81,2 кГц – ширина полосы предмодуляционного фильтра по уровню минус 3дБ, Т – длительность одного бита цифрового сообщения).

Скорость передачи сообщения в радиоканале 270 кбит/с.

Индивидуальные требования приведены в [табл. 7](#).

Таблица 7

Требования к радиотракту

Параметры приемника	Предпоследняя цифра номера зачетной книжки									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Относительная нестабильность несущей частоты принимаемого сигнала, $\cdot 10^{-5}$, не более	2	3	4	5	6	5	4	3	2	4

Продолжение таблицы 7

Параметры приемника	Предпоследняя цифра номера зачетной книжки									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Шумовая температура антенны, К	140	150	160	170	170	170	160	140	150	140
Реальная чувствительность, Вт·10 ⁻¹² , не более	3	2	4	5	4	3	2	4	2	1
Ослабление зеркального и соседнего каналов, дБ, не менее	25	20	25	20	25	25	20	28	26	25
Динамический диапазон входных сигналов, дБ, не более	60	70	80	85	80	70	65	60	65	75

Технические требования для УПиОС навигационных спутников систем ГЛОНАСС и GPS

Вид модуляции – фазовая манипуляция с дифференциальным кодированием.

Антенна – микрополосковая со встроенным малошумящим усилителем с коэффициентом усиления 25 дБ.

Индивидуальные требования для УПиОС с навигационных спутников систем ГЛОНАСС и GPS приведены в [табл. 8](#).

Таблица 8

Требования к радиотракту

Параметры приемника	Предпоследняя цифра номера зачетной книжки									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Относительная нестабильность несущей частоты принимаемого сигнала, ·10 ⁻⁵ , не более	2	3	4	5	6	5	4	3	2	4
Шумовая температура антенны, °К	140	150	160	170	170	170	160	140	150	140
Реальная чувствительность, минус дБВт, не более	160	155	150	145	140	160	155	150	165	145
Ослабление зеркального и соседнего каналов, дБ, не менее	45	50	55	60	55	50	40	45	50	55
Динамический диапазон входных сигналов, дБ, не более	60	70	80	85	80	70	65	60	65	75

2. Требования к содержанию и оформлению курсового проекта (на примере приемного устройства АМ-сигналов)

Оформление курсового проекта осуществляется в соответствии со стандартом [25].

Курсовой проект должен включать в себя следующие разделы и подразделы, независимо от типа проектируемого УПиОС:

Введение

1. Принципы построения радиоприемных устройств сигналов с заданным видом модуляции.

2. Разработка технического задания.
3. Разработка структурной и функциональной схем приемника и выбор элементной базы.
 - 3.1. Обоснование выбора структурной схемы.
 - 3.2. Проверка необходимости разбивки заданного диапазона частот на поддиапазоны. Определение пределов изменения управляющего напряжения на варикапах.
 - 3.3. Предварительный расчет полосы пропускания приемника и выбор гетеродина. Проверка необходимости применения системы АПЧ.
 - 3.4. Оценочный расчет помехоустойчивости радиотракта приемника.
 - 3.5. Выбор промежуточной частоты и устройств частотной селекции для преселектора и тракта промежуточной частоты.
 - 3.6. Предварительный выбор элементной базы.
 - 3.7. Выбор типа и режима работы детектора. Определение отношения сигнал/шум на входе демодулятора.
 - 3.8. Определение коэффициента передачи преселектора и преобразователя частоты.
 - 3.9. Определение необходимого числа каскадов УПЧ.
 - 3.10. Расчет числа регулируемых каскадов и фильтра системы АРУ.
 - 3.11. Определение требований к тракту усиления низкой частоты.
 - 3.12. Устройство цифровой индикации частоты.
 - 3.13. Окончательный выбор элементной базы и описание схемы электрической функциональной.
4. Разработка схемы электрической принципиальной радиоприемного устройства.
 - 4.1. Расчет входной цепи.
 - 4.2. Разработка усилителя радиочастоты.
 - 4.3. Проектирование смесителя.
 - 4.4. Разработка УПЧ.
 - 4.5. Расчет детектора и системы АРУ.
5. Расчет результирующих характеристик радиоприемного устройства.
 - 5.1. Зависимость чувствительности от частоты настройки.
 - 5.2. Характеристики избирательности по зеркальному и соседнему каналам.
 - 5.3. Амплитудная характеристика приемника с включенной системой АРУ.
 - 5.4. Оценка результирующего коэффициента нелинейных искажений сигнала.
6. Методика контроля основных параметров разрабатываемого радиоприемного устройства.
 - 6.1. Измерение односигнальной и многосигнальной избирательности.
 - 6.2. Измерение чувствительности.

Заключение

Список использованной литературы

Приложение 1. Результаты расчета параметров функциональных узлов на ЭВМ.

Приложение 2. Перечень элементов схемы электрической принципиальной.

В состав проекта входят: пояснительная записка (50–80 с.) и графическая часть (3 листа формата А1) (см. прил. 3).

Пояснительная записка выполняется на листах формата А4. При этом запись делается на одной стороне листа. Рисунки, схемы, графики выполняются на отдельных листах миллиметровой бумаги. Допускается выполнять их карандашом. Однако при оформлении пояснительной записки рекомендуется применять современные офисные приложения *Microsoft Word*, *Visio* и т. д. На одном листе можно разместить несколько иллюстраций, чтобы полностью использовать лист. Лист с иллюстрациями размещается вслед за страницей текста, на которой есть ссылка на первый рисунок. Рисунки должны иметь номер и подрисуючную подпись, которая располагается под рисунком или на свободном месте сбоку. Список использованных источников и листы пояснительной записки должны быть с рамкой в соответствии [25]. Использование компьютерного набора: шрифт *Times New Roman*, межстрочное расстояние 1, высота букв 14.

Нумерацию страниц начинают с титульного листа. Номер страницы проставляют арабской цифрой в основной надписи. На странице 1 (титульный лист) номер страницы не ставят.

Графическую часть проекта оформляют на трех листах формата А1. На первом листе – схема электрическая функциональная, на втором – схема электрическая принципиальная, на третьем – графики результирующих характеристик и схемы электрические структурные установок для измерения основных характеристик радиоприемного устройства.

Электрические схемы выполняют по ГОСТ 2.702-75.

3. Список литературы, используемой при курсовом проектировании

Общие вопросы проектирования

1. Белкин, М. К. Справочник по учебному проектированию приемно-усилительных устройств / М. К. Белкин [и др.]. – 2-е изд. – Киев : Вища шк., 1988.

2. Левченко, В. И. Современные концепции построения радиоприемных устройств для декаметрового диапазона / В. И. Левченко, Г. К. Хазан // Техника средств связи. – 1989. – С. 3–10. – Сер. ТРС. – Вып. 9.

3. Дубровский, Г. В. Перспективы использования достижений микроэлектроники для развития бытовой радиоприемной и звуковоспроизводящей

аппаратуры на период до 2000 г. / Г. В. Дубровский // Техника средств связи. – 1988. – С. 3–14. – Сер. ТРС. – Вып. 2.

4. Левченко, В. И. Современные ДВ, СВ, КВ радиоприемники фиксированной и морской подвижной служб / В. И. Левченко // Техника средств связи. – 1989. – С. 3–10. – Сер. ТРС. – Вып. 9.

5. Зильберштейн, А. М. Тракты радио и звуковой частоты с малым энергопотреблением для массовой радиоаппаратуры с автономным питанием / А. М. Зильберштейн // Техника средств связи. – 1989. – С. 19–25. – Сер. ТРПА. – Вып. 2.

6. Александров, К. К. Электротехнические чертежи и схемы / К. К. Александров, Е. Г. Кузьмина. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 288 с.

7. Бураков, А. И. Преселектор на ПАВ с электронной защитой от перегрузок мощным сигналом / А. И. Бураков // Техника средств связи. – 1989. – С. 137–142. – Сер. ТРС. – Вып. 3.

8. Горошков, Б. И. Элементы радиоэлектронных устройств : справ. / Б. И. Горошков. – М. : Радио и связь, 1988. – 176 с. (Массовая радиобиблиотека, вып. 1125).

9. Воробьев, Н. И. Проектирование электронных устройств : учеб. пособие для вузов по спец. «Автоматика и управление в технических системах» / Н. И. Воробьев. – М. : Высш. шк., 1989. – 233 с.

10. Жодзишский, М. И. Цифровые радиоприемные системы : справ. / М. И. Жодзишский. – М. : Радио и связь, 1990.

11. Сиверс, А. П. Проектирование радиоприемных устройств : учеб. пособие для радиотехн. спец. вузов / А. П. Сиверс. – М. : Сов. радио, 1976.

12. Громаков, Ю. А. Стандарты и системы подвижной радиосвязи. Т. 67 / Ю. А. Громаков // Технологии электронных коммуникаций. – М., 1996.

13. Шебшаевич, В. С. Сетевые спутниковые радионавигационные системы / В. С. Шебшаевич, П. П. Дмитриев, Н. В. Иванцов. – М. : Радио и связь, 1993.

14. Кудрявцев, И. В. Бортовые устройства спутниковой радионавигации / И. В. Кудрявцев, И. Н. Мищенко, А. И. Волынкин. – М. : Транспорт, 1988. 198 с.

15. Харисов, В. Н. Глобальная спутниковая радионавигационная система ГЛОНАСС / В. Н. Харисов, А. И. Перов, В. А. Болдин. – М. : ИПРЖР, 1999. – 560 с.

16. Глобальная спутниковая радионавигационная система ГЛОНАСС. Интерфейсный контрольный документ. (Редакция 4). – М. : КНИЦ ВКС, 1998.

17. Ред, Э. Т. Схемотехника радиоприёмников : практ. пособие / Э. Т. Ред; пер. с нем. – М. : Мир, 1989. – 152 с.

18. Ред, Э. Т. Справочное пособие по высокочастотной схемотехнике: Схемы, блоки, 50-омная техника / Э. Т. Ред; пер. с нем. – М., 1990. – 256 с.

19. Interface control document Navstar GPS. IRN-200C-002. Arinc Research Corporation, 1997.
20. Стешенко, В. Б. EDA. Практика автоматизированного проектирования радиоэлектронных устройств / В. Б. Стешенко. – М. : Нолидж, 2002. – 768 с.
21. Разевиг, В. Д. SystemView – средство системного проектирования радиоэлектронных устройств / В. Д. Разевиг, Г. В. Лаврентьев, И. Л. Златин. – М. : Горячая линия–Телеком, 2002. – 352 с.
22. Разработка и оформление конструкторской документации радиоэлектронной аппаратуры : справ. / Э. Т. Романычева, А. К. Иванова, А. С. Куликов; под ред. Э. Т. Романычевой. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Радио и связь, 1989. – 448 с.
23. Сапаров, В. Е. Системы стандартов в электросвязи и радиоэлектронике : учеб. пособие для вузов / В. Е. Сапаров, Н. А. Максимов. – М. : Радио и связь, 1985. – 248 с.
24. ГОСТ 2.701-84. ЕСКД. Общие требования по выполнению схем. – М. : Изд-во стандартов, 1984.
25. СТО 4.2-07-2008. Система менеджмента качества. Общие требования к построению, изложению и оформлению документов учебной и научной деятельности / разработ. Т. В. Сильченко, Л. В. Белошапко, В. К. Младенцева, М. И. Губанова. – Введ. впервые 09.12.2008. – Красноярск : ИПК СФУ, 2008. – 47 с.
26. Проектирование устройств приема и обработки сигналов : учеб. пособие по курсовому проектированию. 2-е изд., перераб. и доп. / Ф. В. Зандер, С. Б. Макаров, С. А. Подлесный, О. А. Тронин. – Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2006. – 218 с.

Элементная база

1. Атаев, Д. И. Аналоговые интегральные микросхемы для бытовой радиоаппаратуры : справ. / Д. И. Атаев, В. А. Болотников. – М. : Изд-во МЭИ, 1991. – 240 с.
2. Новаченко, И. В. Микросхемы для бытовой радиоаппаратуры. Дополнение первое : справ. / И. В. Новаченко, А. В. Юровский. – М. : Радио и связь, 1990. – 176 с.
3. Новаченко, И. В. Интегральные микросхемы для бытовой радиоаппаратуры : справ. / И. В. Новаченко. – М. : Радио и связь, 1989.
4. Новаченко, И. В. Интегральные схемы бытовой радиоаппаратуры, Дополнение четвертое : справ. / И. В. Новаченко, В. А. Телец, Ю. А. Краснодубец. – М. : Радио и связь, 1995. – 320 с.
5. Аксенов, А. И. Отечественные полупроводниковые приборы специального назначения / А. И. Аксенов, А. В. Нефедов. – М. : Солон, 2002. – 312 с.

4. Рекомендации по использованию прикладного программного обеспечения при разработке устройств приема и обработки сигналов

Применение средств вычислительной техники и прикладного программного обеспечения при проектировании УПиОС может проводиться в нескольких направлениях. Прежде всего, это выполнение расчетов по аналитическим формулам. При этом могут использоваться более сложные формулы, полученные с учетом более точных эквивалентных схем элементов. Рекомендуется использование таких программ, как *MATHCAD* и *MATLAB*.

Для выбора и расчета параметров входной цепи (оценка необходимости разбиения принимаемого диапазона частот на поддиапазоны и т. д.) используется программа *UPIOS.EXE* оригинальной разработки кафедры радиотехники СФУ. Программа выдается преподавателем одновременно с выдачей задания на курсовое проектирование.

Другое направление – компьютерное моделирование электронных устройств. При его проведении используются системы схемотехнического моделирования. Существуют специализированные и универсальные системы. Наибольшее распространение получили программы *MicroCAP* (*Microcomputer circuit Analysis Program*) фирмы *Spectrum Software*, *OrCAD* фирмы *Cadence* и система *Design Lab* фирмы *MicroSim Corporation*, которая в настоящее время имеет версию, входящую составной частью в *OrCAD*. Также в настоящее время активно развиваются и доступны для использования пакеты автоматизированного проектирования радиоэлектронных устройств *Altium Designer 6* (*Protel*) фирмы *Altium* и *EDA* фирмы *ACCEL Technologies*, *P-CAD* и программа *System View* фирмы *Elanix*.

Представляет определенный интерес (из-за широкого практического использования) программа для проектирования приемников *Serenade* и ее студенческая версия *Serenade-SV* фирмы *Ansoft Corporation*.

Основу *Design Center* составляет программа *P-SPICE*, являющаяся наиболее известной модификацией программы схемотехнического моделирования *SPICE* (*Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis*). С помощью программы моделирования нелинейных и линеаризованных аналоговых электронных устройств *P-SPICE* можно рассчитывать переходные и стационарные процессы при действии различных входных сигналов, режимы по постоянному току, частотные характеристики, спектры выходных сигналов, спектральные плотности внутренних шумов и другие характеристики. Версии этой программы позволяют моделировать устройства сопряжения аналоговых и цифровых устройств и смешанные аналого-цифровые устройства.

Программа *System View* предназначена для моделирования систем аналоговой, цифровой и аналогово-цифровой обработки сигналов, систем связи, систем автоматического управления и др. Она представляет собой «конструктор», позволяющий из стандартных «кубиков» создавать функциональные схемы устройств и выполнять моделирование при воздействии на них различных сигналов и помех. По завершении моделирования цифрового

устройства, данные о его структуре могут быть переданы программе синтеза ПЛИС фирмы *XILINX*.

При выборе программного обеспечения для разработки и моделирования УПиОС необходимо учитывать возможность сквозного проектирования – от моделирования схмотехнических решений до разработки конструкторской документации и чертежей печатных плат. Такими возможностями в полном объеме обладают программы *OrCAD* и *P-CAD* версий 2001 и выше.

5. Указания по использованию возможности сети INTERNET при проектировании устройств приема и обработки сигналов

Важным направлением по применению средств вычислительной техники при проектировании является использование сети *Internet*. В ней существуют различные сайты с технической и справочной литературой. Например, <http://www.ieee.org/> – сайт с технической литературой, статьями и обзорами; <http://www.irf.com/> – сайт с информацией по радиокомпонентам в целом и справочной документацией на транзисторы, диоды и другие элементы фирмы *International Rectifier Inc*.

Для выбора современной зарубежной элементной базы необходимо пользоваться информацией следующих сайтов – www.altera.com, www.xilinx.com (ПЛИС), www.hittite.com (микросхемы, ГУН и др.), www.agilent.com (элементная база фирмы HP), www.motorola.com (микросхемы и дискретные элементы), www.national.com (микросхемы и дискретные элементы).

Есть сайты, посвященные радиотехнике (<http://www.chipinfo.ru/>). Для разработчиков и производителей радиоэлектронной аппаратуры – <http://www.crimsonsemi.com/>, <http://www.telecomsemi.com/>, <http://www.analog.com>, <http://www.syntar.com/> и др. Для поставщиков электронных компонентов – <http://www.chip-dip.ru>, <http://www.rlocman.com.ru> и др.

В сети существуют электронные версии журналов и другой технической литературы <http://www.glasnet.ru/~zaoipnzh/>, <http://rtuis.miem.edu.ru/>. Имеется сайт международной организации по САПР в электронике – www.eda.org.

В сети *Internet* находятся также адреса фирм, разрабатывающих программы схематического моделирования: *Design Lab* – <http://www.microsim.com/>; *MicroCap* – <http://www.spectrum-soft.com/>. *EDA* – www.acceltech.com. Ряд фирм предоставляют возможность получить демонстрационные или студенческие программы бесплатно. Можно, например, получить демонстрационную версию *Design Lab* по адресу <http://www.microsim.com/>; *MicroCap VI* – по адресу <http://www.spectrum-soft.com/demoform.html>. Фирма *ELANIX* предлагает демонстрационное пользование программой *System View* в течение 14 дней по адресу www.elanix.com, а по адресу <http://www.ansoft.com> можно получить бесплатную студенческую версию программы *Serenada-SV*.

ПРИЛОЖЕНИЯ

1. Техническое задание по курсовому проектированию

Техническое задание по курсовому проектированию разрабатывается студентом в начале работы с использованием данных, соответствующих номеру варианта. В общем случае техническое задание по курсовому проекту включает следующие разделы:

- назначение и область применения;
- основание для разработки;
- цель и назначение разработки;
- источники разработки;
- технические требования;
- экономические показатели.

При анализе технического задания студенту необходимо уточнить и отразить в тексте пояснительной записки к курсовому проекту следующие вопросы:

1. Область применения разрабатываемого УПиОС.
2. Тип используемой антенны и параметры ее эквивалента. Параметры фидера, связывающего антенну и входную цепь.
3. Способ индикации частоты настройки (для перестраиваемых по частоте УПиОС).
4. Относительная нестабильность частоты принимаемого сигнала.
5. Требуемое отношение сигнал/шум на выходе УПиОС (для УПиОС аналоговых сигналов).
6. Помеховая обстановка на входе.
7. Требования по электромагнитной совместимости.
8. Параметры модуляции сигнала (например, m_{\max} и $m_{\text{ср}}$ для сигналов с АМ).
9. Тип оконечного устройства УПиОС и его параметры.
10. Параметры источника питания.

2. Пример разработанного технического задания курсового проекта для УПиОС амплитудной телеграфии по варианту № 33

В данном примере приведено техническое задание по курсовому проектированию УПиОС амплитудной телеграфии по варианту № 33, сформированное на основе исходных данных для этого варианта. После анализа полученного технического задания оно помещается во второй раздел пояснительной записки к курсовому проекту (см. с. 9, «Требования к содержанию и оформлению курсового проекта»).

1. Разрабатываемое УПиОС предназначено для использования в составе системы подвижной радиосвязи для приёма телеграфных сигналов (например, на автомобиле).

2. В данном УПиОС используется телескопическая штыревая антенна (рис. 1) с рабочей длиной $H_a = 1,5$ м. Для заданного диапазона частот антенна работает в режиме большого удлинения ($H_a \ll \lambda_p$). Другие параметры:

- активная составляющая комплексного входного сопротивления антенны R_a для заданного диапазона частот выбирается равной 80 Ом. Входная ёмкость антенны $C_a = H_a[\text{дм}] = 15$ пФ. Действующая высота антенны: $h_d = H_a/2 = 0,75$ м;

- ёмкость корпуса $C_{\text{пар}} = 100$ пФ;
- индуктивностью антенны можно пренебречь;
- длина фидера 2 м.

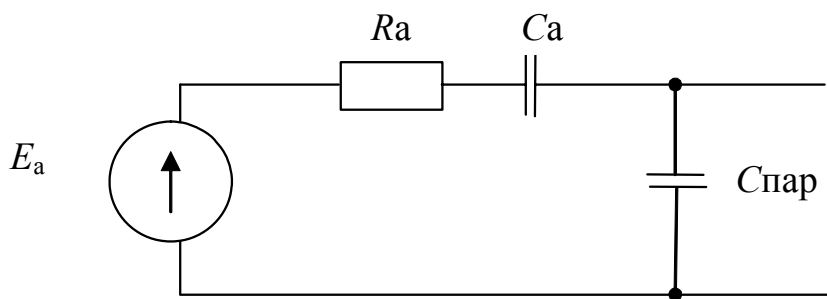


Рис. 1. Эквивалент автомобильной штыревой антенны

В качестве фидера, связывающего антенну и входную цепь, используется коаксиальный кабель марки РК-75-7-12 с погонным затуханием $\beta = 0,1$ дБ/м, на частоте 45 МГц.

3. Способ перестройки частоты – дискретный.
4. Отношение сигнал/шум на выходе линейной части приемника – $\gamma_{\text{вых}} = 3$.
5. Относительная нестабильность несущей частоты принимаемого сигнала $\delta_c = 3 \cdot 10^{-6}$.
6. С учётом требований к точности, быстродействию и удобству индикации частоты настройки приёмника необходимо использовать электронный цифровой индикатор.
7. Напряженность поля помех для заданного диапазона частот не более 1,2 мкВ/м.
8. Пределы ручной регулировки выходного напряжения – 26 дБ.
9. Питание радиоприемника осуществляется от бортовой сети автомобиля напряжением $U = 14,4$ В. Допустимый диапазон изменения питающего напряжения от +10,8 В до +15,6 В.
10. В качестве оконечного устройства используется устройство буквопечата-ния, с входным сопротивлением 5 кОм и управляющим напряжением $6 \pm 0,5$ В.

3. Методические рекомендации по оформлению курсового проекта

Перв. примен.	
Справ. №	

Подпись и дата	
Име. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подпись и дата	
Име. № подл.	

Задание на курсовой проект

1. **Тема проекта:** Проектирование УПиОС сигналов амплитудной телеграфии.
2. **Срок сдачи законченного проекта:** 10.05.20... г.
3. **Исходные данные к проекту:** антенна – несимметричный вертикальный вибратор высотой не более 2,5 метров.
Диапазон рабочих температур от минус 30 °С до плюс 50 °С.
Вид модуляции АТ.
Диапазон рабочих частот 25–29 МГц.
Расстройка, соответствующая соседнему каналу ±25 кГц.
Скорость телеграфирования 75 Бод.
Вероятность ошибки 10⁻².
Избирательность по дополнительным каналам приема 45 дБ.
Динамический диапазон амплитуд входных сигналов 75 дБ.
4. **Содержание расчетно-пояснительной записки:**
 - 4.1. Принципы построения УПиОС с заданным видом модуляции.
 - 4.2. Разработка технического задания.
 - 4.3. Разработка структурной и функциональной схем УПиОС с заданным видом модуляции, выбор элементной базы.
 - 4.4. Разработка электрической принципиальной схемы.
 - 4.5. Расчет результирующих характеристик.
 - 4.6. Методика контроля основных параметров разрабатываемого УПиОС сигналов амплитудной телеграфии.
5. **Перечень графического материала**
 - 5.1. Схема электрическая функциональная разрабатываемого УПиОС сигналов амплитудной телеграфии.
 - 5.2. Схема электрическая принципиальная УПиОС сигналов амплитудной телеграфии.
 - 5.3. Результирующие характеристики.
 - 5.4. Структурные схемы измерительных установок для определения основных параметров разработанного УПиОС сигналов АТ.

Руководитель: _____

Исполнитель: студент гр. _____

160100 ДФ ХХХХХХ.ХХ КХХ ПЗ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Радиоприёмное устройство сигналов амплитудной телеграфии. Пояснительная записка	Лит.	Лист	Листов
Разраб.								
Провер.								
Реценз.								
Н. Контр.								
Утверд.								

Пример содержания пояснительной записки к курсовому проекту (УПиОС с АТ)

Во введении приводится цель работы и пути ее достижения.

В разделе 1 рассматриваются принципы построения УПиОС для сигналов АТ в следующей последовательности:

- особенности сигналов АТ;
- помехи приему сигналов АТ;
- принципы построения УПиОС с АТ;
- тенденции совершенствования УПиОС с АТ.

В разделе 2 приводится разработка технического задания УПиОС для сигналов АТ, пример которого приведен в прил. 2.

В разделе 3 производится разработка структурной и функциональной схем УПиОС с АТ и выбор элементной базы. При этом для приемника сигналов АТ необходимо выполнить все подразделы, входящие в содержание раздела 3.

В разделе 4 разрабатывается электрическая принципиальная схема УПиОС с АТ и производятся необходимые расчеты элементов всех разрабатываемых узлов. В приемнике сигналов АТ это ВЦ, УРЧ, ПЧ, УПЧ и АРУ.

В разделе 5 приводятся итоги расчета результирующих характеристик УПиОС с АТ, а именно: расчет зависимости чувствительности от частоты настройки, расчет избирательности по зеркальному и соседнему каналам, расчет амплитудной характеристики с включенной системой АРУ.

В разделе 6 рассматриваются (выборочно) методики контроля параметров разработанного УПиОС, рассчитанных в предыдущем разделе. Так, для УПиОС с АТ приводятся методики измерения избирательности (одно-сигнальной и многосигнальной) и измерения чувствительности. Особенностью разработки приемника АТ является необходимость расчета вероятности ошибки при приеме такого сигнала. Результаты расчета приводятся в данной главе в виде графика зависимости вероятности ошибки от частоты принимаемого сигнала.

В заключении подводятся итоги проектирования и делается вывод о соответствии разработанного УПиОС требованиям ТЗ.

В библиографическом списке приводятся все использованные письменные источники.

В приложениях приводятся результаты расчета параметров с использованием ЭВМ, подробные данные на использованную элементную базу и оформленный по нормам технической документации перечень элементов схемы электрической принципиальной. Пример перечня элементов для приемника сигналов АТ приведен ниже:

ПРИЛОЖЕНИЯ

3. Методические рекомендации по оформлению курсового проекта

Поз. обозн.	Наименование	Кол.	Примечание							
Функциональные узлы										
A1	Синтезатор частот	1								
A2,A9	Опорный генератор	2	Кварцевый							
A3	Согласователь уровней	1								
A4	Устройство формирования служебных импуль-	1								
A5	Счётчик	1								
A6	Преобразователь кодов	1								
A7	Схема принятия решения	1								
A8	Индикатор	1								
Конденсаторы										
C1,C2	K10-23-П33-12 пФ±5%	2								
C3	K10-17-2в-M47-100 пФ±10%-2	1								
C4,C5	КТ4-21-МПО-250В-2/10 пФ	2								
C6...C1	КМ-5а-Н90-0,15 мкФ	7								
C13..C1	К-53-14-30В-22 мкФ±20%	4								
C18..C2	КМ5а-Н90-0,1 мкФ	10								
C17	К-53-14-6,3В-100 мкФ±20%	1								
Микросхемы										
DA1	K175УВ2	1								
DA2	K174ПС1	1								
DA3	K174ХА2	1								
DA4	K175ДА1	1								
DA5	K171УВ2	1								
Индуктивности										
L1,L2	3,8мкГн	2								
L3	1мкГн	1								
L4	3,8мкГн	1								
L5...L8	4мГн	4								
160100 ДФ ХХХХХХ.ХХ КХХ ПЭЗ										
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Радиоприёмное устройство сигналов амплитудной телеграфии. Перечень элементов					
Разраб.								Лит.	Лист	Листов
Провер.								1	2	
Реценз.										
Н. Контр.										
Утверд.										

4. Принятые обозначения и сокращения

УПиОС – устройство приема и обработки сигналов
 ТЗ – техническое задание
 ВЦ – входная цепь
 УРС – усилитель радиосигнала
 УПЧ – усилитель промежуточной частоты
 СВЧ – сверхвысокая частота
 МШУ – малошумящий усилитель
 ПЧ – преобразователь частоты
 АО – амплитудный ограничитель
 АД – амплитудный детектор
 АМ – амплитудная модуляция
 ЧМ – частотная модуляция
 ФМ – фазовая модуляция
 ВИМ – время-импульсная модуляция
 ОМ – однополосная модуляция
 ФМн – фазовая манипуляция
 ЧМн – частотная манипуляция
 АТ – амплитудная телеграфия
 ЧТ – частотная телеграфия
 ОФТ – относительная фазовая телеграфия
 АРУ – автоматическая регулировка усиления
 АПЧ – автоматическая подстройка частоты
 ЧАП – частотная автоподстройка
 АЦП – аналого-цифровое преобразование
 ФАПЧ – фазовая автоматическая подстройка частоты
 ФНЧ – фильтр низкой частоты
 МПФ – микрополосковый фильтр
 ПАВ – поверхностные акустические волны
 УПТ – усилитель постоянного тока
 ЭМС – электромагнитная совместимость
 GPS – глобальная спутниковая система навигации (США)
 ГЛОНАСС – глобальная навигационная спутниковая система (Россия)